

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-129919

(43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01L 21/203

(21)Application number : 07-279967

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 27.10.1995

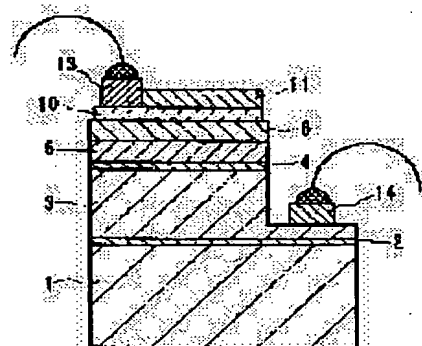
(72)Inventor : SANO MASAHIKO
SENOO MASAYUKI
NAKAMURA SHUJI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a light emitting device having an excellent external quantum efficiency by forming an electrode constituted of a first layer composed of a light transmitting metallic thin film and a second layer composed of a transparent conductive film containing an oxide on the surface of a p-type nitride semiconductor layer.

SOLUTION: After Pd is vapor-deposited on almost the entire surface of a p-type GaN layer as a first layer 10, a second layer 11 composed of ITO is vapor-deposited on the first layer 10 and a light transmitting electrode is formed by alloying parts of the first p-layer 10 and second layer 11 in a state where the constituents of layers 10 and 11 are united together. Consequently, the electrode side can be constituted as an emitted light observing surface, because an electric current can be spread uniformly throughout the player and the p-layer can transmit light. Therefore, the light emitted from an active layer can be fetched effectively. Moreover, since the electrode has an excellent ohmic property against the p-layer, in addition, a practical light emitting device having a low Vf can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3009095

[Date of registration]

03.12.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The nitride semi-conductor light emitting device characterized by forming the electrode with which p mold nitride semi-conductor layer consists of the first layer which becomes the front face of said p mold nitride semi-conductor layer from the metal thin film of translucency in the nitride semi-conductor light emitting device which it comes to form in the maximum front face, and the second layer which consists of transperence electric conduction film containing an oxide.

[Claim 2] The nitride semi-conductor light emitting device according to claim 1 characterized by the thickness of said first layer being 500A or less.

[Claim 3] The nitride semi-conductor light emitting device according to claim 1 or 2 characterized by consisting of the metal or alloy which was chosen from the group which said first layer becomes from nickel (nickel), platinum (Pt) palladium (Pd), a rhodium (Rh), a ruthenium (Ru), an osmium (Os), and iridium (Ir), and which contains a kind at least.

[Claim 4] A nitride semi-conductor light emitting device given in any 1 term of claim 1 characterized by consisting of an oxide which was chosen from the group which said second layer becomes from zinc (Zn), an indium (In), tin (Sn), and magnesium (Mg), and which contains a kind at least thru/or the claims 3.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the electrode of a light emitting device with which light emitting devices, such as LED to which it comes to carry out the laminating of the nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$), were started, especially p mold nitride semi-conductor layer was formed in the maximum front face.

[0002]

[Description of the Prior Art] Blue LED and green LED using current and a nitride semi-conductor ($\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $0 \leq x, 0 \leq y, x+y \leq 1$) are put in practical use. The fundamental structure of such LED on a transparent insulating substrate For example, n mold nitride semi-conductor layer which consists of n mold $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$) (henceforth n layers), The barrier layer which consists of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$), and p mold nitride semi-conductor layer which consists of p mold $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z \leq 1$) (it is hereafter called p layers.) It has structure to the double by which the laminating was carried out to order. Since this LED cannot take out n electrode from a substrate side, it considers as the so-called flip chip format which takes out n electrode and p electrode from the same side side. A luminescence observation side side has many by which the electrode, i.e., p mold nitride semi-conductor layer, side is made the luminescence observation side, although the substrate also becomes a side someday a substrate and electrode side since it is transparent.

[0003] In order to take out luminescence of a barrier layer outside, the electrode which consists of a metal of translucency is prepared in p layers which become a luminescence observation side side. Moreover, we showed the light emitting device by which the metal electrode of translucency was prepared in the front face of p layers in JP,6-314822,A. However, in the metal electrode of the conventional translucency, the permeability of the electrode to blue and green light was bad, and was not what it can still be satisfied with external quantum efficiency of enough.

[0004] By the way, the electrode used for the light emitting device which consists of semiconductor materials, such as LED, needs to acquire the semiconductor material and desirable ohmic contact, also in order to reduce forward voltage. Also in said LED, desirable ohmic contact has been acquired with the electrode which contains Ti and aluminum in n layers, and the electrode which contains nickel and Au in p layers.

[0005] In addition, the tin oxide, indium oxide, and a zinc oxide are shown in JP,5-55631,A as an electrode material formed in a nitride semi-conductor. However, the ingredient shown in this official report is an electrode formed in the nitride semi-conductor of i (insulator) mold which doped acceptor impurity, and are not desirable ohmic ***** and the electrode formed in p layers. Moreover, although Ag, Au, Pt, Ir, Pd, Rh, etc. are stated to JP,5-315647,A as a desirable electrode formed in p layers, only Au electrode is prepared in i layers of the light emitting device of the metal-insulator-semiconductor structure instead of p mold in fact.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Crystal growth is a very difficult ingredient and, as for p layers, it is more nearly actual than before that the physical properties are not yet solved well, either. Even if LED which has p-n junction is realized, the electrode formed in p layers also has many points which should still be improved, p more layers and concordance are good and the electrode material excellent in many properties is called for. Moreover, improvement in external quantum efficiency is desired in LED. Therefore, the place made into the purpose of this invention is by offering the new electrode of p layers useful as a light emitting device to realize the light emitting device excellent in external quantum efficiency.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The light emitting device of this invention is characterized by forming the electrode with which p mold nitride semi-conductor layer consists of the first layer which becomes the front face of said p mold nitride semi-conductor layer from the metal thin film of translucency, and the second layer which consists of transparency electric conduction film containing an oxide in the nitride semi-conductor light emitting device which comes to carry out a laminating to the maximum front face.

[0008] Furthermore in the mode of this invention, it is characterized by the thickness of the first layer being 500Å or less. If it is made thickness 500Å or less, the translucency of the first layer will become very good.

[0009] Moreover, it is characterized by consisting of the metal or alloy which was chosen from the group which the first layer becomes from nickel (nickel), platinum (Pt) palladium (Pd), a rhodium (Rh), a ruthenium (Ru), an osmium (Os), and iridium (Ir) and which contains a kind at least. p type layer and desirable ohmic contact are acquired, and these metals or alloys can acquire still more desirable ohmic contact, if nickel and/or Pd are made into the side which touches p layers in the first layer also especially in it.

[0010] Moreover, in this invention, it is characterized by consisting of an oxide which was chosen from the group which the second layer becomes from zinc (Zn), an indium (In), tin (Sn), and magnesium (Mg) and which contains a kind at least. Specifically, ZnO, In₂O₃, SnO₂, ITO (oxide of In and Sn), MgO, etc. can be mentioned.

[0011] In the light emitting device of this invention, vacuum evaporation, a sputter, etc. can use usual gaseous-phase film production equipment for forming the first layer and the second layer. The first layer is the metal thin film of translucency. For making a metal thin film into translucency, it is possible by control of the thickness of for example, a metal thin film. Although the thickness which becomes translucency changes also with metal classes, it can be made into translucency by usually making its thickness 0.1 micrometers or less. It has the outstanding translucency with little absorption of luminescence of the first layer by making it still more preferably thickness 200Å or less below 500Å (0.05 micrometers) preferably. In addition, translucency means that an electrode penetrates the luminescence wavelength of a light emitting device, and does not necessarily mean colorless transparency.

[0012] As long as the first layer is the ingredient which can form the thin film of translucency with the metal used as the electrode of p layers, what kind of ingredient is sufficient, but especially the metal or alloy that was chosen from the group which consists of nickel, Pt, Pd, Rh, Ru, Os, and Ir and that contains a kind at least is useful, when p layers and desirable ohmic contact are acquired and the forward voltage of a light emitting device is lowered. Near 360nm – 650nm of the light emitting device which will consist of a nitride semi-conductor if nickel and/or Pd are made into the side which touches p layers also especially in it — there is little absorption with a wavelength of 380nm – 560nm, and since it excels also in ohmic nature, it is desirably the most desirable. Moreover, it is good also considering this first pass as a laminated structure of said metal. If an electrode is behind processed by thermal annealing in the case of a laminated structure, an electrode material will be in the condition of having alloyed in complete harmony in the first pass.

[0013] The second layer is formed on the first layer and makes resistance of the whole electrode low. Therefore, let the second layer be the transparency electric conduction film containing an oxide. Although there are many classes of the transparency electric conduction film containing an oxide, it is desirable to form the low transparency electric conduction film of resistance containing oxides, such as Zn, In, Sn, Mg, etc. which are especially shown preferably by ZnO, In₂O₃, SnO₂, ITO (oxide of In and Sn), MgO, etc. Especially the thickness of the second layer which consists of this transparency electric conduction film cannot be limited, and can be formed by the thickness of several angstroms – several micrometers.

[0014] The light emitting device of this invention can create the crystal of a nitride semi-conductor by growth and carrying out a laminating on a substrate using vapor growth equipments, such as MOVPE (metal-organic chemical vapor deposition), HDVPE (halide vapor growth), MBE (molecular-beam vapor growth), and MOMBPE (organic metal molecular-beam vapor growth). Although sapphire (aluminum₂O₃), ZnO, a spinel (MgAl₂O₄), SiC, Si, GaN, etc. are used for a substrate, generally sapphire and SiC are used in many cases. A laminating is carried out so that the laminating of the p layers may be carried out and p layers may become the maximum front face on n layers fundamentally as a laminated structure, and it considers as the structure which can form an electrode in p layers on this front face of the maximum. The light emitting device of the heterojunction which specifically has p-n junction and which passes and has a heterojunction structure and pin junction etc. is mentioned. The nitride semi-conductor of n mold can grow, if donor impurities, such as Si, germanium, and Se, are doped. On the other hand, the nitride semi-conductor of p mold can grow by doping acceptor impurity, such as II group elements, such as Mg and Zn, and C, in a nitride semi-conductor. For example, although there are some which show p mold property even if it does not carry out processing of what after growth when the nitride semi-conductor which doped acceptor impurity using the MOVPE method is grown up, by performing annealing processing above 400 degrees C comes to show still more desirable p mold property preferably. In addition, in p mold, it is the nitride semi-conductor which doped acceptor impurity, and the semi-conductor which resistivity shows 10³ or less ohm-cm is said.

[0015]

[Function] Drawing 1 is a graph which shows the current potential property of the various electrodes formed in p layers. After forming concretely only the first layer described below on p layers, or after forming the first layer and second layer, the ohmic nature to p layers of the electrode is investigated by annealing above 400 degrees C, forming an electrode, and measuring the current potential property of the electrodes of the same class. Moreover, drawing 2 is a graph which shows the permeability of the translucency electrode shown in drawing 1. The electrode is as follows.

[0016]

A: The translucency electrode which formed Pd in the first layer by 40Å thickness.

B: The translucency electrode C which formed Rh in the first layer by 40Å thickness : the translucency electrode which formed in the first layer by 10Å, and formed ZnO in the second layer for Pd by 500Å thickness.

D: The translucency electrode which formed in the first layer by 10Å, and formed In₂O₃ in the second layer for Pd by 500Å thickness.

E: The translucency electrode which formed in the first layer by 60Å, and formed Au in the second layer for nickel by 200Å thickness.

[0017] As shown in drawing 1, when Pd (A) is made into the side which touches p layers, it shows very good ohmic nature. In addition, the more the thickness of Pd becomes thin, the more the inclination of A line is in the inclination which becomes small. On the other hand, once, although Rh (B) shows ohmic nature, compared with other A, C, Ds, and E, contact resistance is large [Rh]. In addition, since the element of other platinum groups, such as Ru, Os, and Ir, showed the same inclination as B line, it is omitted. Next, the electrode (C) which formed Pd in the eye and formed ZnO in the bilayer eye further, and the electrode (D) which formed Pd in the eye and formed In₂O₃ in the bilayer eye further show good ohmic contact. Since this inclination was the same also as ITO, SnO₂, or MgO, it omits the second layer. Moreover, its permeability is bad although the electrode (E) which formed nickel in the eye and formed Au in the bilayer eye further shows good ohmic contact. This is described later. In addition, since the inclination as E lines for the electrode which formed nickel and Pt in the first pass eye about ohmic nature to be also the same was shown, it omits.

[0018] Moreover, although drawing 2 shows the permeability of each electrode, the electrode (E) containing conventional nickel-Au has the bad permeability applied to the purple which is the description of luminescence of a nitride semi-conductor light emitting device – a green field. On the other hand, since the permeability of the electrodes C and D concerning the light emitting device of this invention is very excellent compared with E, it can raise the external quantum efficiency of a light emitting device. Moreover, since the translucency electrode which becomes only a first pass eye from

elements, such as the elements Pt, Ru, Os, and Ir of other platinum groups, shows A, B line, and similar permeability, it is omitted.

[0019] In the light emitting device which uses p layers as the maximum front face, if the electrode formed in p layers does not interrupt luminescence, the external quantum efficiency of a light emitting device improves. Then, the external quantum efficiency of a light emitting device improves by forming in the front face of p layers the electrode which consists of the first layer which consists of a metal thin film of translucency with sufficient permeability, and the second layer which consists of transparent electric conduction film containing an oxide with sufficient permeability.

[0020] Furthermore, although the first layer as a good electrode of translucency can be formed as the thickness of the first layer is 500Å or less, it is in the inclination for the seeds resistance to p layers of an electrode to become large, by making thickness of the first layer thin gradually. In this invention, it can prevent that the thickness of the electrode as the whole becomes thick and resistance becomes large by forming the second layer which is the transparent electric conduction film on the first layer. And since translucency has been maintained as the whole electrode, luminescence is taken out efficiently outside.

[0021] Furthermore, since p layers and desirable OMIKKU are obtained also in the condition of having made thickness thin by considering as the metal or alloy which was chosen from the group which becomes the first layer from nickel, Pt, Pd, Rh, Ru, Os, and Ir and which contains a kind at least, Vf of a light emitting device falls and the component excellent in luminous efficiency can be realized. Moreover, the permeability in the purple by which it is characterized - a green [a nitride semi-conductor light emitting device] wavelength region is good.

[0022] Moreover, even if the permeability in a purple - green wavelength region is good and makes thickness of the first layer thin further as mentioned above, since there is this second layer, the oxide thin film of the conductivity which contains a kind at least chosen from the group which becomes the second layer from Zn, In, Sn, and Mg has the advantage that resistance of an electrode does not go up.

[0023]

[Example] Hereafter, one example of the light emitting device of this invention is explained based on a drawing. Drawing 3 is the top view which looked at the light emitting device of this invention from the electrode side of p layers, and drawing 4 is the typical sectional view showing the structure at the time of the alternate long and short dash line shown in drawing cutting the light emitting device of drawing 3.

[0024] The buffer layer 2 which consists of GaN on the silicon on sapphire 1 of 2 inch phi using a [example 1] MOVPE reactor 200A, The barrier layer 4 of the single quantum well structure which consists of 4 micrometers and non dope In_{0.2}Ga_{0.8}N n mold contact layer 3 which consists of an Si dope n mold GaN 30Å, p mold contact layer 6 which consists of 0.2 micrometers and a Mg dope p mold GaN p mold cladding layer 5 which consists of Mg dope p mold aluminum_{0.1}Ga_{0.9}N is grown up in order by 0.5-micrometer thickness.

[0025] Furthermore, annealing of the wafer is carried out at 600 degrees C in nitrogen-gas-atmosphere mind into a reaction container, and 5 and 6 are further formed into low resistance. [p-layer] A wafer is picked out from a reaction container after annealing, the mask of a predetermined configuration is formed in the front face of the p mold GaN of the maximum upper layer, etching is performed from on a mask by the etching system, and as shown in drawing 2, a part of n mold contact layer 3 is exposed.

[0026] Next, the mask on p layers is removed and Pd is mostly vapor-deposited as the first layer 10 on the whole surface by the p mold GaN layer [of the maximum upper layer] thickness which is 20Å. The first layer after vacuum evaporation had become translucency clearly, to silicon on sapphire 1, was transparent and has been observed. Thus, a current can be extended to homogeneity at p layer of the whole by [of p layers which exposed the first layer] forming in the whole surface mostly, and since it is moreover translucency, an electrode side is made with a luminescence observation side.

[0027] The pad electrode 13 containing Au and nickel for bondings is formed in the corner of the first layer by 2-micrometer thickness after the first layer 10 formation. In addition, this pad electrode 13 is not translucency.

[0028] The second layer 11 which consists of ITO on the first layer 10 is vapor-deposited by 500Å thickness after pad electrode 13 formation.

[0029] After forming the pad electrode 13, the n electrode 14 which contains Ti and aluminum in n exposed layers is formed by 2-micrometer thickness, finally it heat-treats above 400 degrees C with an annealer, and an electrode is made to alloy. In addition, since the electrode of the translucency which consists of the first p-layer layer 10 and the second layer 11 by annealing is in the condition of having alloyed and harmonized completely, at drawing 1, it does not dare indicate the electrode on the front face of the maximum to be the second layer 11, but a sign called 10+11 shows in the semantics of the first layer + second layer.

[0030] The wafer which formed the electrode in n mold contact layer 3 and the p layer contact layer 6 as mentioned above When cut in the shape of [of 350 micrometer angle] a chip, and paste up with a leadframe, wire bond of silicon-on-sapphire side 1 of the luminescence chip is carried out, mold is carried out with an epoxy resin and it considers as an LED component, it sets to If(forward current)20mA. It was 460nm in Vf(forward voltage)3.4V and luminescence wavelength, and the radiant power output was higher than LED of this structure which has p electrode of the translucency containing conventional nickel and conventional Au about 30%.

[0031] In the [example 2] example 1, when form in the first layer 10 by 20Å, and In₂O₃ was formed in the second layer 11 for nickel by 500Å thickness and also the LED component was obtained like the example 1, in If20mA, the radiant power output was almost equivalent to the thing of an example 1 Vf3.5V.

[0032] In the [example 3] example 1, when carried out the 10Å laminating of 10Å and the nickel for Pd to the first layer 10, and SnO₂ was used for the second layer 11 and also the LED component was obtained like the example 1, in If20mA, Vf3.4V and a radiant power output were also almost equivalent to the thing of an example 1.

[0033] In the [example 4] example 1, when carried out the 10Å laminating of 10Å and the Pt for Pd to the first layer 10, and ZnO was used for the second layer 11 and also the LED component was obtained like the example 1, in If20mA, Vf3.5V and a radiant power output were also almost equivalent to the thing of an example 1.

[0034] In the [example 5] example 1, when carried out the 10Å laminating of 10Å and the Rh for Pd to the first layer 10,

and MgO was used for the second layer 11 and also the LED component was obtained like the example 1, in If20mA, Vf3.5V and a radiant power output were also almost equivalent to the thing of an example 1.

[0035] In the [example 6] example 1, when carried out the 10A laminating of 10A and the Ru for Pd to the first layer 10, and In 2O3 was used for the second layer 11 and also the LED component was obtained like the example 1, in If20mA, Vf3.5V and a radiant power output were also almost equivalent to the thing of an example 1.

[0036] In the [example 7] example 1, when thickness of the first layer 10 was made into 200A and also the LED component was obtained like the example 1, although it was Vf3.4V in If20mA, since the translucency of the first layer was lost a little, the radiant power output declined about 20% compared with the thing of an example 1.

[0037]

[Effect of the Invention] As explained above, the light emitting device of this invention can be formed in the front face of p layers, and can take out luminescence of a barrier layer outside effectively. And since the electrode is excellent also in ohmic nature with p layers, Vf can realize a low practical light emitting device. When the light emitting device of this invention is used for LED devices, such as a full color LED display and LED signal and a traffic information display board, a low power can realize a bright device and the utility value on the industry is size.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the current potential property of the various electrodes formed in p layers.

[Drawing 2] Drawing showing the permeability to each wavelength of the various electrodes formed in p layers.

[Drawing 3] The top view showing the electrode configuration of the light emitting device concerning one example of this invention.

[Drawing 4] The type section Fig. showing the structure of the light emitting device of drawing 1

[Description of Notations]

- 1 Silicon on sapphire
- 2 Buffer layer
- 3 n mold contact layer
- 4 Barrier layer
- 5 p mold cladding layer
- 6 p mold contact layer
- 10 The first layer
- 11 The second layer
- 13 Pad electrode
- 14 n electrode

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3009095号
(P3009095)

(45)発行日 平成12年2月14日(2000.2.14)

(24)登録日 平成11年12月3日(1999.12.3)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

21/203

21/203

E

M

請求項の数4(全 5 頁)

(21)出願番号

特願平7-279967

(22)出願日

平成7年10月27日(1995.10.27)

(65)公開番号

特開平9-129919

(43)公開日

平成9年5月16日(1997.5.16)

審査請求日

平成10年2月18日(1998.2.18)

(73)特許権者 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者

佐野 雅彦

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

(72)発明者

妹尾 雅之

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

(72)発明者

中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜

化学工業株式会社内

審査官 福島 浩司

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

H01L 33/00

H01L 21/203

(54)【発明の名称】 窒化物半導体発光素子

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 p型窒化物半導体層が最表面に形成されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面に、透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極が形成されていることを特徴とする窒化物半導体発光素子。

【請求項2】 前記第一の層の膜厚が500オングストローム以下であることを特徴とする請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項3】 前記第一の層がニッケル(Ni)、白金(Pt)パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金よりなることを特徴とする請求項1または

2

請求項2に記載の窒化物半導体発光素子。

【請求項4】 前記第二の層が亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物よりなることを特徴とする請求項1乃至請求項3の内のいずれか一項に記載の窒化物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は窒化物半導体(In_xAl_{1-x-y}Ga_{1-x-y}N、0≤x、0≤y、x+y≤1)が積層されてなるLED等の発光素子に係り、特に最表面にp型窒化物半導体層が形成された発光素子の電極に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、窒化物半導体(In_xAl_{1-x-y}Ga_{1-x-y}N、0≤x、0≤y、x+y≤1)を用いた青色LED

10

D、緑色LEDが実用化されている。これらのLEDの基本的な構造は、透明な絶縁性基板の上に例えばn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$) よりなるn型窒化物半導体層（以下、n層という。）と、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) よりなる活性層と、p型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z \leq 1$) よりなるp型窒化物半導体層（以下、p層という。）とが順に積層されたダブルヘテロ構造を有している。このLEDは基板側からn電極を取り出すことができないので、同一面側からn電極と、p電極を取り出す、いわゆるフリップチップ形式とされている。発光観測側は基板が透明であるので、基板側、電極側いずれ側にもなるが、電極側、つまりp型窒化物半導体層側が発光観測面とされているものが多い。

【0003】発光観測側となるp層には、活性層の発光を外部に取り出すために透光性の金属よりなる電極が設けられている。また我々は特開平6-314822号公報において、p層の表面に透光性の金属電極が設けられた発光素子を示した。しかしながら、従来の透光性の金属電極では、青色、緑色光に対する電極の透過率が悪く、外部量子効率では未だ十分満足できるものではなかった。

【0004】ところで、LED等の半導体材料よりなる発光素子に使用される電極は、順方向電圧を低下させるためにも、その半導体材料と好ましいオーミック接触を得ている必要がある。前記LEDにおいても、n層にはTiとAlを含む電極、p層にはNiとAuを含む電極で好ましいオーミック接触を得ている。

【0005】その他、窒化物半導体に形成する電極材料として、例えば特開平5-55631号には酸化スズ、酸化インジウム、酸化亜鉛が示されている。しかしこの公報に示される材料はアクセプター不純物をドーブしたi (insulator)型の窒化物半導体に形成する電極であって、好ましいオーミックは得られておらず、p層に形成する電極ではない。また特開平5-315647号公報にはp層に形成する好ましい電極としてAg、Au、Pt、Ir、Pd、Rh等が述べられているが、実際にはp型ではなくMIS構造の発光素子のi層にAu電極しか設けられていない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】p層は従来より結晶成長が非常に難しい材料であり、その物性も未だ良く解明されていないのが現実である。p-n接合を有するLEDが実現されてもp層に形成する電極には未だ改良すべき点も多く、さらにp層となじみが良く、数々の特性に優れた電極材料が求められている。またLEDでは外部量子効率の向上が望まれている。従って本発明の目的とするところは、発光素子として有用なp層の新規な電極を提供することにより、外部量子効率に優れた発光素子を実現することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の発光素子は、p型窒化物半導体層が最表面に積層されてなる窒化物半導体発光素子において、前記p型窒化物半導体層の表面に、透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極が形成されていることを特徴とする。

【0008】さらに本発明の態様では、第一の層の膜厚が500オングストローム以下であることを特徴とする。500オングストローム以下の膜厚にすれば、第一の層の透光性が非常に良くなる。

【0009】また、第一の層がニッケル(Ni)、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)、ルテニウム(Ru)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金よりなることを特徴とする。これらの金属または合金はp型層と好ましいオーミック接触が得られ、その中でも特に第一の層において、Niおよび/またはPdをp層と接する側にすると、さらに好ましいオーミック接触を得ることができる。

【0010】また、本発明では、第二の層が亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、マグネシウム(Mg)よりなる群から選択された少なくとも一種を含む酸化物よりなることを特徴とする。具体的にはZnO、 In_2O_3 、 SnO_2 、ITO(InとSnとの酸化物)、MgO等を挙げることができる。

【0011】本発明の発光素子において、第一の層、および第二の層を形成するには蒸着、スパッタ等、通常の気相製膜装置を用いることができる。第一の層は透光性の金属薄膜である。金属薄膜を透光性にするには例えば金属薄膜の膜厚の制御により可能である。透光性になる膜厚は金属の種類によっても異なるが、通常0.1μm以下の膜厚にすることにより透光性として行うことができる。好ましくは500オングストローム(0.05μm)以下、さらに好ましくは200オングストローム以下の膜厚にすることにより、第一の層が発光の吸収が少ない優れた透光性を有する。なお透光性とは発光素子の発光波長を電極が透過するという意味であって、必ずしも無色透明を意味するものではない。

【0012】第一の層はp層の電極となる金属で透光性の薄膜を形成できる材料であればどのような材料でも良いが、特にNi、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Irよりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金はp層と好ましいオーミック接触が得られ、発光素子の順方向電圧を下げる上で有用である。、その中でも特に、Niおよび/またはPdをp層と接する側にすると、窒化物半導体よりなる発光素子の360nm~650nm付近、望ましくは380nm~560nmの波長の吸収が少なく、かつオーミック性にも優れているので、最も好ましい。またこの第一層を前記金属の積層構造としてもよい。積層構造の場合、後に電極を熱的ア

ニールで処理すると、電極材料が第一層の中で渾然一体となって合金化した状態となる。

【0013】第二の層は第一の層の上に形成して、電極全体の抵抗を低くする。そのために第二の層を酸化物を含む透明導電膜とする。酸化物を含む透明導電膜には数々の種類があるが、特に好ましくは ZnO 、 In_2O_3 、 SnO_2 、ITO (In と Sn の酸化物)、 MgO 等で示される Zn 、 In 、 Sn 、 Mg 等の酸化物を含む抵抗の低い透明導電膜を形成することが望ましい。この透明導電膜よりなる第二の層の厚さは特に限定するものではなく、数オングストローム～数 μm の厚さで形成可能である。

【0014】本発明の発光素子はMOVPE（有機金属気相成長法）、HDVPE（ハライド気相成長法）、MBE（分子線気相成長法）、MOMBE（有機金属分子線気相成長法）等の気相成長装置を用いて、基板上に窒化物半導体の結晶を成長、積層することで作成可能である。基板にはサファイア（ Al_2O_3 ）、 ZnO 、スピネル（ MgAl_2O_4 ）、 SiC 、 Si 、 GaN 等が用いられるが、一般的にはサファイア、 SiC が用いられることが多い。積層構造としては、基本的に n 層の上に p 層を積層して p 層が最表面となるように積層して、この最表面の p 層に電極を形成できる構造とする。具体的には $p-n$ 接合を有するヘテロ構造、 $p-i-n$ 接合を有するヘテロ接合の発光素子等が挙げられる。 n 型の窒化物半導体は、例えば Si 、 Ge 、 Se 等のドナー不純物をドーブすれば成長可能である。一方、 p 型の窒化物半導体は、 Mg 、 Zn 等のII族元素、 C 等のアクセプター不純物を窒化物半導体中にドーブすることにより成長可能である。例えば、MOVPE法を用いてアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体を成長させると、成長後、何の処理をしなくとも p 型特性を示すものもあるが、好ましくは、 400°C 以上でアニーリング処理を施すことにより、さらに好ましい p 型特性を示すようになる。なお p 型とは、例えばアクセプター不純物をドーブした窒化物半導体で、抵抗率が $10^3\Omega\cdot\text{cm}$ 以下を示す半導体をいう。

【0015】

【作用】図1は p 層に形成した各種電極の電流電圧特性を示すグラフである。具体的に、 p 層の上に次に述べる第一の層のみを形成した後、あるいは第一の層と第二の層とを形成した後、 400°C 以上でアニールして電極を形成し、同一種類の電極同士の電流電圧特性を測定することにより、その電極の p 層に対するオーミック性を調べたものである。また、図2は図1に示す透光性電極の透過率を示すグラフである。電極は次の通りである。

【0016】

A：第一の層にPdを10オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

B：第一の層にRhを40オングストロームの膜厚で形

成した透光性電極

C：第一の層にPdを10オングストローム、第二の層に ZnO を500オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

D：第一の層にPdを10オングストローム、第二の層に In_2O_3 を500オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

E：第一の層にNiを60オングストローム、第二の層にAuを200オングストロームの膜厚で形成した透光性電極。

【0017】図1に示すように、Pd (A) は p 層と接する側にすると非常に良好なオーミック性を示す。なおA線の傾きはPdの膜厚が薄くなればなるほど、小さくなる傾向にある。一方、Rh (B) は一応オーミック性は示すものの、他のA、C、D、Eに比べて接触抵抗が大きい。なお他のRu、Os、Ir等の白金族の元素はB線と同様の傾向を示したので省略する。次に一層目にPd、二層目に ZnO を形成した電極(C)、及び一層目にPd、二層目に In_2O_3 を形成した電極(D)も良好なオーミック接触を示している。この傾向は第二層目をITO、 SnO_2 または MgO としても同様であったので省略する。また一層目にNi、二層目にAuを形成した電極(E)は良好なオーミック接触を示しているが透過率が悪い。これは後に述べる。なおオーミック性に関しては第一層目にNi、Ptを形成した電極もE線と同様の傾向を示したので省略する。

【0018】また図2は各電極の透過率を示すものであるが、従来のNi-Auを含む電極(E)は窒化物半導体発光素子の発光の特徴である紫色～緑色領域にかけての透過率が悪い。これに対し、本発明の発光素子に係る電極C、Dの透過率はEに比べて非常に優れているので、発光素子の外部量子効率を向上させることができる。また、第一層目にのみ他の白金族の元素Pt、Ru、Os、Ir等の元素よりなる透光性電極はA、B線と類似した透過率を示すので省略する。

【0019】 p 層を最表面とする発光素子では、 p 層に形成した電極が発光をさえぎらなければ、発光素子の外部量子効率が向上する。そこで、 p 層の表面に、透過率のよい透光性の金属薄膜よりなる第一の層と、透過率の良い酸化物を含む透明導電膜よりなる第二の層とからなる電極を形成することにより、発光素子の外部量子効率は向上する。

【0020】さらに、第一の層の膜厚が500オングストローム以下であると、透光性の良い電極としての第一の層を形成することができるが、第一の層の膜厚を次第に薄くすることにより、電極の p 層に対するシーズ抵抗が大きくなる傾向にある。本発明では透明な導電膜である第二の層を、第一の層の上に形成していることにより、全体としての電極の厚さが厚くなって、抵抗が大きくなるのを防止できる。しかも、電極全体としては透光

性を保ったままであるので、発光は効率よく外部へ取り出される。

【0021】さらに、第一の層にNi、Pt、Pd、Rh、Ru、Os、Irよりなる群から選択された少なくとも一種を含む金属または合金とすることにより、膜厚を薄くした状態においてもp層と好ましいオーミックが得られるために、発光素子のVfが下がり、発光効率に優れた素子を実現できる。また窒化物半導体発光素子が特徴とする紫～緑色波長域での透過率がよい。

【0022】また、第二の層にZn、In、Sn、Mgよりなる群から選択された少なくとも一種を含む導電性の酸化物薄膜は前記のように紫～緑色波長域での透過率が良く、さらに、第一の層の膜厚を薄くしても、この第二の層があるために電極の抵抗が上がらないという利点を有する。

【0023】

【実施例】以下、図面を基に本発明の発光素子の一実施例について説明する。図3は本発明の発光素子をp層の電極側から見た平面図であり、図4は図3の発光素子を図に示す一点鎖線で切断した際の構造を示す模式的な断面図である。

【0024】[実施例1] MOVPE反応装置を用い、2インチφのサファイア基板1の上にGaNよりなるバッファ層2を200オングストローム、Siドープn型GaNよりなるn型コンタクト層3を4μm、ノンドープIn_{0.2}Ga_{0.8}Nよりなる単一量子井戸構造の活性層4を30オングストローム、Mgドープp型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nよりなるp型クラッド層5を0.2μm、Mgドープp型GaNよりなるp型コンタクト層6を0.5μmの膜厚で順に成長させる。

【0025】さらにウェーハを反応容器内において、窒素雰囲気中で600℃でアニーリングして、p層5、6をさらに低抵抗化する。アニーリング後、ウェーハを反応容器から取り出し、最上層のp型GaNの表面に所定の形状のマスクを形成し、エッチング装置でマスクの上からエッチングを行い、図2に示すようにn型コンタクト層3の一部を露出させる。

【0026】次に、p層の上のマスクを除去し、最上層のp型GaN層のほぼ全面に第一の層10として、Pdを20オングストロームの膜厚で蒸着する。蒸着後の第一の層は明らかに透光性となっており、サファイア基板1まで透けて観測できた。このように第一の層を、露出したp層のほぼ全面に形成することにより、電流をp層全体に均一に広げることができ、しかも透光性であるので、電極側を発光観測面とできる。

【0027】第一の層10形成後、第一の層の隅部にAuとNiを含むボンディング用のパッド電極13を2μmの膜厚で形成する。なおこのパッド電極13は透光性ではない。

【0028】パッド電極13形成後、第一の層10の上

にITOよりなる第二の層11を500オングストロームの膜厚で蒸着する。

【0029】パッド電極13を形成した後、露出したn層にTiとAlとを含むn電極14を2μmの膜厚で形成し、最後にアニール装置で400℃以上で熱処理を施し、電極を合金化させる。なおアニールによりp層の第一の層10と第二の層11とからなる透光性の電極は合金化して渾然一体となった状態となっているので、図1では、あえて最表面の電極を第二の層11と示さず、第一の層+第二の層という意味で10+11という符号で示している。

【0030】以上のようにして、n型コンタクト層3とp層コンタクト層6とに電極を形成したウェーハを、350μm角のチップ状に切断し、その発光チップのサファイア基板側1をリードフレームと接着し、ワイヤーボンディングし、エポキシ樹脂でモールドしてLED素子としたところ、If(順方向電流)20mAにおいて、Vf(順方向電圧)3.4V、発光波長460nmであり、発光出力は、従来のNiとAuを含む透光性のp電極を有する同構造のLEDよりも、約30%高かった。

【0031】[実施例2] 実施例1において、第一の層10にNiを20オングストローム、第二の層11にIn₂O₃を500オングストロームの膜厚で形成する他は、実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5Vで発光出力は実施例1のものとほぼ同等であった。

【0032】[実施例3] 実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Niを10オングストローム積層し、第二の層11にSnO₂を用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.4V、発光出力も実施例1のものとほぼ同等であった。

【0033】[実施例4] 実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Ptを10オングストローム積層し、第二の層11にZnOを用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5V、発光出力も実施例1のものとほぼ同等であった。

【0034】[実施例5] 実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Rhを10オングストローム積層し、第二の層11にMgOを用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5V、発光出力も実施例1のものとほぼ同等であった。

【0035】[実施例6] 実施例1において、第一の層10にPdを10オングストローム、Ruを10オングストローム積層し、第二の層11にIn₂O₃を用いる他は実施例1と同様にしてLED素子を得たところ、If20mAにおいて、Vf3.5V、発光出力も実施例1のものとほぼ同等であった。

【0036】【実施例7】実施例1において、第一の層10の膜厚を200オングストロームとする他は実施例1と同様にして、LED素子を得たところ、1f20mAにおいて、Vf3.4Vであったが、第一の層の透光性がやや失われたため、発光出力は実施例1のものに比べて20%程低下した。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明の発光素子は、p層の表面に形成して、活性層の発光を有効に外部に取り出すことができる。しかも電極がp層とのオーミック性にも優れているため、Vfが低い実用的な発光素子を実現できる。本発明の発光素子を例えばフルカラーLEDディスプレイ、LED信号機、道路情報表示板等のLEDデバイスに使用すると、低消費電力で明るいデバイスが実現でき、その産業上の利用価値は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 p層に形成した各種電極の電流電圧特性を示*

*す図。

【図2】 p層に形成する各種電極の各波長に対する透過率を示す図。

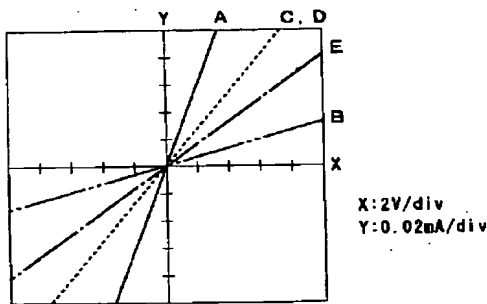
【図3】 本発明の一実施例に係る発光素子の電極形状を示す平面図。

【図4】 図1の発光素子の構造を示す模式断面図

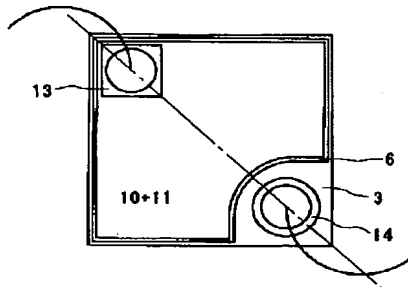
【符号の説明】

- 1・・・サファイア基板
- 2・・・バッファ層
- 3・・・n型コンタクト層
- 4・・・活性層
- 5・・・p型クラッド層
- 6・・・p型コンタクト層
- 10・・・第一の層
- 11・・・第二の層
- 13・・・パッド電極
- 14・・・n電極

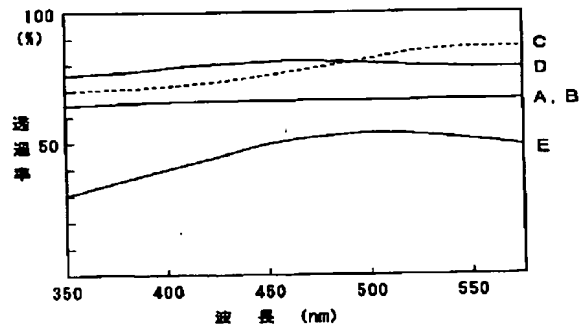
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

